"نشریه علوم زراعی ایران"
جلد بیست و ششم، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳

مقاله پژوهشی

اثر تاریخ کاشت تابستانه بر رشد و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های سویا (*Glycine max* L. Merr) در شرایط شمال استان خوزستان

Effect of summer sowing date on growth and seed yield of soybean (*Glycine max* L. Merr) genotypes in north Khuzestan conditions

سیداحمد کلانتراحمدی

چکیده

کلانتراحمدی، س. ا. ۱۴۰۳. اثر تاریخ کاشت تابستانه بر رشد و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های سویا (*Glycine max* L. Merr) در شرایط شمال استان خوزستان. **نشریه علوم زراعی ایران.** ۲۶ (۱): ۵۴ -۳۵.

به‌منظور بررسی اثر تاریخ کاشت بر عملکرد ژنوتیپ‌های سویا، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد دزفول در دو سال زراعی (۱۳۹۶ و ۱۳۹۷) اجرا شد. در این آزمایش سه تاریخ کاشت (اول تیر، ۱۵ تیر و ۳۰ تیرماه) در کرت‌های اصلی و هشت ژنوتیپ سویا (SF1، SF2، SF3، SK93، M13، SG4، SG5 و رقم سالند) در کرت‌های فرعی قرار داده شدند. نتایج نشان داد که طول دوره گلدهی، طول دوره رشد، طول دوره پر شدن دانه تحت تأثیر تاریخ کاشت و ژنوتیپ قرار گرفتند. با توجه به اینکه دمای حداکثر در طول دوره زایشی و پر شدن دانه در تاریخ کاشت اول (اول تیر) بالاتر از تاریخ کاشت‌های دوم (۱۵ تیر) و سوم (۳۰ تیر) بود، با افزایش هر واحد دمای بالاتر از ۳۵ درجه سانتی‌گراد، تعداد غلاف در بوته ۳/۳۷ عدد کاهش یافت. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که حداکثر تعداد غلاف در بوته (۸۸ غلاف) در تاریخ کاشت دوم (۱۵ تیر) و ژنوتیپ‌های SK93 و M13 و حداقل تعداد غلاف در بوته (۲۶/۵ غلاف) در تاریخ کاشت اول و ژنوتیپ SF2 بدست آمد. در سال اول آزمایش حداکثر عملکرد دانه (۳۴۷۳ کیلوگرم در هکتار) در تاریخ کاشت دوم (۱۵ تیر) و ژنوتیپ SK93 و در سال دوم بیشترین عملکرد دانه (۳۵۵۹ کیلوگرم در هکتار) در تاریخ کاشت سوم (۳۰ تیر) و ژنوتیپ SK93 بدست آمد. حداقل عملکرد دانه در سال اول (۹۶۸ کیلوگرم در هکتار) و دوم (۲۰۸۰ کیلوگرم در هکتار) آزمایش نیز در تاریخ کاشت اول و ژنوتیپ SF2 بدست آمد. عملکرد دانه در تاریخ‌های کاشت اول (اول تیر) و دوم (۱۵ تیر) در مقایسه با تاریخ کاشت سوم (۳۰ تیر) به ترتیب ۱۶/۵ و ۸ درصد کمتر بود. بیشترین (۲۵/۶ درصد) و کمترین (۱۸/۷ درصد) میزان روغن در تاریخ کاشت سوم (۳۰ تیر) به ترتیب به ژنوتیپ‌های SK93 و SF3 اختصاص یافت. با توجه به دمای بالا در کشت تابستانه سویا، انتخاب ژنوتیپ‌های رشد نامحدود بدلیل بیشتر بودن طول دوره گلدهی می‌تواند راهکار مناسبی برای کاهش اثر منفی دمای بالا در طول دوره گلدهی و تولید تعداد غلاف بیشتر در اقلیم خوزستان باشد. براساس نتایج این آزمایش، با توجه به متفاوت بودن دما در طول مراحل زایشی در تاریخ‌های مختلف کاشت، تاریخ کاشت ۱۵ تا ۳۰ تیر و ژنوتیپ SK93 برای شرایط اقلیمی شمال خوزستان مناسب‌تر شناخته شدند.

واژه‌های کلیدی: تعداد غلاف در بوته، دوره پر شدن دانه، روغن دانه، سویا و گلدهی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۲۵ این مقاله مستخرج از پروژه تحقیقاتی شماره ۹۶۰۵۳۹-۰۶۵-۰۳-۷۱-۲ مصوب موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر می باشد
استادیار سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد دزفول (مکاتبه کننده)
(پست الکترونیک: kalantar.ahmadi@gmail.com)

Effect of summer sowing date on growth and seed yield of soybean (*Glycine max* L. Merr) genotypes in north Khuzestan conditions

Kalantar Ahmadi, S.A.[1]

ABSTRACT

Kalantar Ahmadi, S.A. 2025. Effect of summer sowing date on growth and seed yield of soybean (*Glycine max* L. Merr) genotypes in north Khuzestan conditions**. Iranian Journal of Crop Sciences. 26(1): 35-54. (In Persian).**

Introduction: Climate change due to global warming is a worldwide concern and is expected that high temperature and its negative effects on agricultural crops will increase in coming years. Soybean is one of the most important oil seed crops that also provides protein around the world. To optimize production of soybean in each region, it is necessary to use adapted improved cultivars and growing season duration for growth and development of the crop. Temperature is one of the environmental factors that affects the phonological stages and seed yield of soybean.

Material and Methods: To evaluate the effect of sowing date and genotype on seed yield of soybean genotypes a field experiment was carried out as split plot arrangements in randomized complete block design with three replications in Safiabad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Dezful in Iran in 2017 and 18 growing seasons. The main plots were consisted of three sowing date (22nd June, 6th July and 21st July) and eight soybean genotypes; SF1, SF2, SF3, SK93, M13, SG4, SG5 and Salend, were randomized in sub-plots.

Results: Combined analiysis of variance showed that the flowering duration, growth duration and grain filling duration were affected by sowing date and genotype. Maximum temperature on the first sowing date (22nd June) was higher than the second (6th July) and third (21st July) sowing dates during reproductive stages and seed filling periods. The pod number plant^{-1} decreased by 3.37 pods with one degree centigrade increase in temperatures above 35 ˚C. Mean comparison of sowing date × genotype interaction revealed that the highest number of pod.plant^{-1} (88 pods) related to the second sowing date (6th July) and SK93 and M13 genotypes. The lowest number of pod.plant^{-1} (26.5 pods) belonged to the first sowing date (22nd June) and SF2 genotype. In 2017, the highest seed yield (3473 kg.ha^{-1}) obtained from the second sowing date (6th July) and SK93 genotype. However, the maximum seed yield (3559 kg.ha^{-1}) belonged to the third sowing date (21st July) and SK93 genotype. The lowest seed yield related to the first sowing date (22nd June) and SF2 genotype with 968 kg.ha^{-1} and 2080 kg.ha^{-1} in the first and second year, respectively. Seed yield in the first sowing date (22nd June) and second sowing date (6th July) decreased by 16.5% and 8%, respectively, compared to the third sowing date (21st July). The highest (25.6%) and the lowest (18.7%) seed oil content belonged to the third sowing date (21st July) and SK93 and SF3 genotypes, respectively.

Conclusion: The high temperature is a serious limiting factor for summer grown soybean in the nort Khuzestan. Selection of indeterminate soybean genotypes, due to the longer flowering duration, can be an appropriate crop management strategy to reduce the negative effects of high temperature during the flowering period, and consequently achieve higher number of pod.plant^{-1} and seed yield in the north Khuzestan environmental conditions. The results of this experiment and high temperatures during reproductive stages of soybean in different sowing dates, the sowing date window of 6th July until 21st July and SK93 genotype was identified as a suitable crop management strategy for the North Khuzestan.

Key words: Flowering, Number of pod.plant^{-1}, Seed filling duration, Seed oil content and Soybean

Received: January, 2024 **Accepted: April, 2024**

1. Assistant Prof., Safiabad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Safiabad, Dezful Iran (Corresponding author) (Email: kalantar.ahmadi@gmail.com)

مقدمه

تغییرات اقلیمی ناشی از گرمایش جهانی یکی از نگرانی‌ها و چالش‌های مهم محسوب می‌شود (Yerlikaya *et al.*, 2020) که اثر آن به‌صورت کاهش عملکرد بسیاری از گیاهان زراعی دیده می‌شود. پیش‌بینی می‌شود که میانگین دمای جهانی تا سال ۲۱۰۰ حدود دو درجه سانتی‌گراد افزایش یافته (Malhi et al., 2021) و باعث وقوع تنش‌های غیر زنده محیطی در گیاهان می‌شود (Shahzad *et al.*, 2021).

برای تولید محصول مطلوب گیاهان زراعی در هر منطقه، فراهم بودن فرصت کافی برای رشد و نمو گیاه و سازگار بودن آن با شرایط اقلیمی منطقه لازم است. در اقلیم‌های گرمسیری تابش و دما مهم‌ترین عواملی هستند که بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی تأثیر می‌گذارند. دماهای بالا و تاریخ کاشت‌های نامناسب باعث وارد شدن آسیب به گیاه و کاهش محصول آن می‌شوند (Kalantar Ahmadi and Daneshian, 2023; Kalantar Ahmadi, 2022; Kalantar Ahmadi and Eyni-Nargeseh, 2023). عوامل محیطی از جمله دما و رطوبت خاک در طول دوره زایشی نقش مهمی در تعیین عملکرد سویا داشته و دمای نامناسب می‌تواند اثرات نامطلوبی بر عملکرد و کیفیت سویا داشته باشد (Alsajri *et al.*, 2020). گزارش شده است که دمای بالاتر از ۳۹ درجه سانتی‌گراد در روز و بالاتر از ۲۹ درجه سانتی‌گراد در شب باعث کاهش جوانه‌زنی دانه گرده، غلاف‌بندی و عملکرد دانه سویا می‌شود (Djanaguiraman *et al.*, 2013). گزارش شده است که دمای حدود ۳۵ درجه سانتی‌گراد در طول دوره زایشی (گلدهی تا رسیدگی) به مدت ۱۰ ساعت در طول روز نیز باعث ۲۷ درصد کاهش عملکرد دانه سویا می‌شود (Alsajri *et al.*, 2020). دمای مناسب برای گلدهی و غلاف‌دهی سویا ۲۰ تا ۲۵ (Liu *et al.*, 2008) و برای پر شدن دانه ۲۷ تا ۳۱ درجه سانتی‌گراد است و دمای بالاتر از ۳۱ درجه سانتی‌گراد در حد تنش گرما محسوب می‌شود (Oh-e *et al.*, 2007).

نتایج آزمایش‌های انجام شده در شرایط آب و هوایی متفاوت نشان داده است که عملکرد دانه سویا در کاشت زودهنگام (اوایل فروردین) در مقایسه با کاشت دیرهنگام (اواسط خرداد) بیشتر بوده (Robinson *et al.*, 2009) و در شرایط مطلوب در کاشت زودتر، تعداد گره‌های ساقه (Wilcox and Frankberger, 1987)، تعداد غلاف و تعداد دانه در واحد سطح (Pederson and Lauer, 2004) بیشتر است. اثر تاریخ کاشت بر عملکرد دانه سویا به انتخاب رقم مناسب و مناسب بودن آب و هوای منطقه بستگی داشته و با انتخاب ارقام دیررس و تاریخ کاشت‌های زودتر، عملکرد دانه افزایش می‌یابد (De Bruin and Pederson, 2008). نتایج یک آزمایش در خصوص اثر تاریخ کاشت بر عملکرد دانه سویا در استان خوزستان نشان داده است که عملکرد دانه سویا در صورت کاشت در تیر در مقایسه با خرداد، بالاتر است (Kalantar Ahmadi and Daneshian, 2014). کاشت سویا در مرداد نیز به‌دلیل کاهش طول دوره رشد، باعث کاهش عملکرد دانه ارقام سویا شد (Kalantar Ahmadi *et al.*, 2018). هرچند که طول دوره رشد رویشی و زایشی در تاریخ کاشت خرداد بیشتر از اواخر تیر بود، اما طولانی‌تر بودن این مراحل می‌تواند یک صفت مثبت برای شرایطی باشد که در اثر تنش گرمای ناشی از تاریخ کاشت، خسارت کمتری به گل‌های تشکیل شده وارد می‌شود (Kalantar Ahmadi and Daneshian, 2014). بدیهی است در ژنوتیپ‌هایی که واکنش کمتری نسبت به کاهش طول دوره گلدهی داشته باشند، پتانسیل عملکرد بیشتر حفظ شده (Miranda *et al.*, 2020) و حساسیت کمتر نسبت به فتوترمال، باعث بهبود عملکرد سویا می‌شود (Wu *et al.*, 2015).

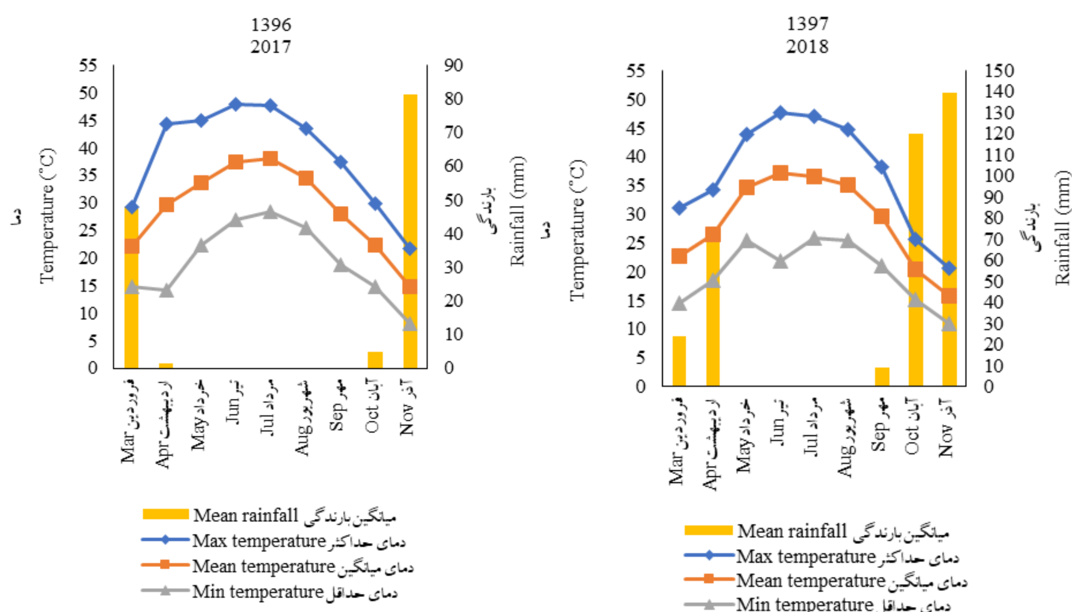
بطور کلی در تاریخ کاشت‌های زودهنگام و دیرهنگام، لازم است از مصادف شدن مرحله رشد زایشی گیاه با دمای بالا اجتناب شود (Kalantar Ahmadi, 2022; Lohani *et al.*, 2020). قربان زاده نقاب و همکاران (Ghorbanzadeh Neghab *et al.*, 2014) در ارزیابی اثر تاریخ کاشت سویا (اول خرداد، ۱۵ خرداد و ۳۰ خرداد) در منطقه گزارش کردند که کاشت دیرهنگام باعث کاهش تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد غلاف در بوته و عملکرد دانه شد. گزارش شده است که در ژنوتیپ‌های سویا که فاصله بین کاشت تا شروع گلدهی و غلاف‌دهی کمتر است، تعداد غلاف در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد دانه بالاتر است. در عرض‌های جغرافیایی بالا، تاخیر در گلدهی در اثر مصادف شدن مراحل زایشی گیاه با روزهای کوتاه، باعث کاهش طول دوره گلدهی و عملکرد دانه سویا می‌شود (Cooper, 2003). طولانی شدن دوره رشد در شرایط محیطی مناسب باعث افزایش عملکرد دانه سویا می‌شود (Kalantar Ahmadi and Daneshian, 2014). با توجه به برنامه تناوبی در شمال استان خوزستان و آزاد شدن زمین‌ها پس از زراعت‌های پاییزه مانند گندم، کلزا و چغندر قند، تاریخ کاشت مناسب سویا در استان خوزستان تیر ماه بوده و عملکرد دانه در مقایسه با تاریخ کاشت‌های خرداد و مرداد بالاتر است (Kalantar Ahmadi *et al.*, 2012; Kalantar Ahmadi and Daneshian, 2014; Kalantar Ahmadi *et al.*, 2018).

با توجه به برنامه تناوبی در شمال استان خوزستان و برداشت محصول گندم در اردیبهشت تا خرداد، زراعت سویا می‌تواند در برنامه تناوبی منطقه قرار داده شود. با توجه به اهمیت تاریخ کاشت در عملکرد دانه سویا و در مناطقی مانند استان خوزستان که علاوه بر طول دوره رویشی که تعیین کننده پتانسیل گیاه برای ورود به مرحله زایشی است، زمان گلدهی و غلاف‌دهی نیز دارای اهمیت بالایی بوده و وقوع هر گونه تنش محیطی ممکن است آثار منفی جبران ناپذیری بر عملکرد دانه داشته باشد. هرچند که عوامل به‌زراعی نقش مهمی در بهبود عملکرد دانه دارند، اما ارزیابی ارقام و سازگاری آنها با شرایط اقلیمی منطقه در افزایش عملکرد مؤثر می‌باشد. این آزمایش با هدف تعیین مناسب‌ترین تاریخ کاشت، به‌منظور اجتناب از مصادف شدن گیاه با تنش گرما، روی ژنوتیپ‌های جدید سویا در شرایط اقلیمی شمال استان خوزستان اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی اثر تاریخ کاشت بر عملکرد دانه ژنوتیپ‌های سویا، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی دو سال زراعی (۱۳۹۶ و ۱۳۹۷) در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد واقع در عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۲ دقیقه، طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۲ دقیقه و ارتفاع ۸۲ متر از سطح دریا، اجرا شد. شرایط اقلیمی منطقه در شکل یک نشان داده شده است. در این تحقیق سه تاریخ کاشت (اول تیر، ۱۵ تیر و ۳۰ تیر ماه) و هشت ژنوتیپ سویا (SF1، SF2، SF3، SK93، M13، SG4، SG5 و رقم سالند) از گروه‌های رسیدگی مختلف به‌ترتیب در کرت‌های اصلی و فرعی قرار داده شدند (جدول ۱). رقم سالند در این آزمایش به‌عنوان رقم شاهد منطقه در نظر گرفته شد.

بر اساس نتایج آزمون خاک (جدول ۲)، عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم، به‌ترتیب ۴۵، ۳۲ و ۸۳ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، فسفر و پتاسیم (به‌ترتیب از منبع کودهای اوره، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم) به خاک داده شدند. کود نیتروژن در سه مرحله (یک سوم قبل از کاشت، یک سوم در مرحله شروع گلدهی و یک سوم در مرحله شروع غلاف‌دهی) مصرف شد. با توجه به عدم سازگاری



شکل ۱- میانگین بارندگی و دمای محل اجرای آزمایش (۱۳۹۶ و ۱۳۹۷)

Fig. 1. Mean of temperature and rainfall at the experiment site (2017 and 2018)

جدول ۱- منشاء، گروه رسیدگی و تیپ رشدی ژنوتیپ‌های سویا

Table 1. Origin, maturity group and growth type of soybean genotypes

ژنوتیپ‌های سویا Soybean genotypes	گروه رسیدگی Maturity group	تیپ رشد Growth type	واکنش به طول روز Response to photoperiod	منشا Origin
SF1	5	Indeterminate نامحدود	Short day روزکوتاه	Iran
SF2	5	Indeterminate نامحدود	Short day روزکوتاه	Iran
SF3	4	Indeterminate نامحدود	Short day روزکوتاه	Iran
SK93	5	Indeterminate نامحدود	Short day روزکوتاه	Iran
M13	5	Indeterminate نامحدود	Short day روزکوتاه	Iran
SG4	6	Indeterminate نامحدود	Short day روزکوتاه	Iran
SG5	6	Indeterminate نامحدود	Short day روزکوتاه	Iran
Salend (Control)	6	Determinate محدود	Short day روزکوتاه	Iran

باکتری‌های همزیست با شرایط اقلیمی خوزستان و دمای بالای هوا در زمان کاشت، تلقیح با باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن انجام نشد (Kalantar Ahmadi *et al.*, 2018; Kalantar Ahmadi *et al.*, 2014). عملیات تهیه زمین در اواسط خرداد اجرا شد. برای کنترل علف‌های هرز، قبل از کاشت سمپاشی با علف‌کش ترفلان به میزان دو لیتر در هکتار انجام و سپس با استفاده از فاروئر جوی و پشته‌ها ایجاد شدند. هر کرت فرعی شامل چهار پشته شش متری با فاصله ۷۵ سانتیمتر بود و روی هر پشته دو ردیف بذر کاشته شدند. گیاهچه‌ها پس از سبز شدن در مرحله ۲ تا ۴ برگی، تا تراکم ۴۰ بوته در مترمربع (فاصله روی ردیف: هفت سانتیمتر) تنک شدند. کنترل علف‌های هرز به صورت دستی برحسب نیاز انجام شد. یادداشت برداری و ثبت مراحل فنولوژیک براساس کدبندی فهر و همکاران (Fehr *et al.*, 1977) انجام شد. وضعیت دما در مراحل رشد زایشی و پر شدن دانه به‌ترتیب در جدول‌های ۳ و ۴ ارائه شده است. برای اندازه‌گیری

اجزای عملکرد از هر کرت ۱۰ بوته به‌صورت تصادفی انتخاب شده و تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف اندازه‌گیری شدند. وزن هزار دانه روی چهار نمونه ۲۵۰ عددی انتخابی از هر کرت اندازه‌گیری شد. برای تعیین عملکرد دانه پس از حذف حاشیه (دو ردیف کناری هر کرت و یک متر از ابتدا و انتهای هرکرت) محصول شش مترمربع از هر کرت برداشت شد. میزان روغن دانه با استفاده از روش (Nuclear Infera Red; NIR) در آزمایشگاه بخش دانه‌های روغنی کرج اندازه‌گیری شد. ارزیابی یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی با استفاده از آزمون بارتلت انجام شد. با توجه به یکنواخت نبودن خطاهای آزمایشی صفات مورد ارزیابی، تجزیه واریانس هر سال بطور جداگانه انجام و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی، با استفاده از نرم افزار SAS، نسخه ۹/۲ انجام شد.

جدول ۲- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 2. Physical and chemical properties of the soil at the experiment site

سال Year	بافت خاک Soil texture	پتاسیم K (mg.kg^{-1})	فسفر P (mg.kg^{-1})	نیتروژن N (%)	ماده آلی OC (%)	هدایت الکتریکی EC (dS.m^{-1})	اسیدیته pH
2017 ۱۳۹۶	Clay-loam	178	8.6	0.082	0.79	0.63	7.75
2018 ۱۳۹۷	Clay-loam	181	7.4	0.067	0.81	0.61	7.61

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌های دو سال آزمایش نشان داد که اثر تاریخ کاشت و ژنوتیپ و برهم‌کنش آنها بر شروع گلدهی، طول دورهٔ گلدهی، طول دوره پر شدن دانه، طول دوره رشد و عملکرد روغن معنی‌دار بود. در سال اول آزمایش اثر تاریخ کاشت و اثر ژنوتیپ بر تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف معنی‌دار بود، اما برهم‌کنش آنها غیر معنی‌دار بود. در سال اول آزمایش اثر تاریخ کاشت و اثر ژنوتیپ و برهم‌کنش آنها بر وزن هزار دانه، عملکرد دانه و میزان روغن معنی‌دار بود. در سال دوم نیز اثر تاریخ کاشت بر تعداد دانه در غلاف معنی‌دار بود. برهم‌کنش تاریخ کاشت و ژنوتیپ بر تعداد غلاف در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و میزان روغن معنی‌دار بود.

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در سال اول آزمایش، کمترین فاصله بین کاشت تا شروع گلدهی (حدود ۴۱ روز) در تاریخ کاشت سوم (۳۰ تیر) مربوط به ژنوتیپ‌های M13 و SG4 بود. بیشترین فاصله بین کاشت تا شروع گلدهی (۵۶ روز) در تاریخ کاشت اول تیر نیز متعلق به ژنوتیپ SK93 بود (جدول ۵). در سال دوم آزمایش نیز بیشترین فاصله بین کاشت تا شروع گلدهی (۷۲ روز) در تاریخ کاشت اول به ژنوتیپ M13 اختصاص یافت. کمترین فاصله بین کاشت تا شروع گلدهی (۵۵ روز) در سال دوم آزمایش در تاریخ کاشت سوم و رقم سالند مشاهده شد (جدول ۵). زمان شروع گلدهی یکی از صفات مهم زراعی است که میزان عملکرد را تعیین کرده و تحت تأثیر دمای بالا و طول روز قرار می‌گیرد. دمای بالای محیط اغلب باعث مواجه می‌شوند، اغلب باعث تسریع در گلدهی (به‌عنوان یک راهبرد تطبیقی برای فرار از تنش گرما) می‌شود (Tang *et al.,* 2023)، اما در برخی گیاهان دمای بالا باعث تاخیر در گلدهی (به‌منظور اجتناب از اثر منفی دمای بالا بر رشد زایشی) می‌شود (Del Olmo *et al.,* 2019; Lohani *et al.,* 2020). با توجه به حساسیت سویا به طول روز، واکنش گلدهی در این گیاه پیچیده بوده و براساس نتایج برخی آزمایش‌ها، دمای بالا باعث تسریع در گلدهی (Mao *et al.,* 2017; No *et al.,* 2021) و

جدول ۳- دمای هوا در دوره رشد زایشی ژنوتیپ‌های سویا در تیمارهای تاریخ کاشت (۱۳۹۶ و ۱۳۹۷)

Table 3. Air temperature during reproductive growth stage of soybean genotypes in sowing date treatments (2017 and 2018)

تاریخ‌های کاشت Sowing date	ژنوتیپ‌های سویا Soybean genotypes	دوره رشد زایشی Reproductive growth stage 2017	۱۳۹۶	دمای میانگین Mean temperature (˚C)	دمای حداکثر Max temperature (˚C)	دوره رشد زایشی Reproductive growth stage 2018	۱۳۹۷	دمای میانگین Mean temperature (˚C)	دمای حداکثر Max temperature (˚C)
	SF1	Aug. 12-Oct. 22	۲۱ مرداد تا ۳۰ مهر	32.3	41.5	Aug. 26-Oct. 30	۴ شهریور تا ۸ آبان	31.0	39.7
	SF2	Aug. 10-Oct. 22	۱۹ مرداد تا ۳۰ مهر	32.3	41.5	Aug. 29-Oct. 30	۷ شهریور تا ۸ آبان	30.7	39.3
	SF3	Aug. 9-Oct. 12	۱۸ مرداد تا ۲۰ مهر	33.3	42.4	Aug. 18-Oct. 30	۲۷ مرداد تا ۲ آبان	32.3	41.5
اول تیر	SK93	Aug. 18-Oct. 21	۲۷ مرداد تا ۲۹ مهر	32.0	41.2	Sep. 1-Oct. 29	۱۰ شهریور تا ۷ آبان	30.7	39.2
Jun. 22	M13	Aug. 12-Oct. 22	۲۱ مرداد تا ۳۰ مهر	32.3	41.5	Sep. 1-Oct. 30	۱۰ شهریور تا ۸ آبان	31.5	39.0
	SG4	Aug. 13-Oct. 22	۲۲ مرداد تا ۳۰ مهر	32.3	41.5	Aug. 31-Oct. 30	۹ شهریور تا ۸ آبان	30.4	38.9
	SG5	Aug. 14-Oct. 22	۲۳ مرداد تا ۳۰ مهر	32.2	41.4	Aug. 31-Oct. 30	۹ شهریور تا ۸ آبان	30.4	38.9
	Salend	Aug. 13-Oct. 24	۲۲ مرداد تا ۲ آبان	32.3	41.2	Sep. 2-Oct. 30	۱۱ شهریور تا ۸ آبان	30.2	38.8
	SF1	Aug. 24-Oct. 12	۲ شهریور تا ۲۰ مهر	32.3	41.5	Sep. 6-Nov. 4	۱۵ شهریور تا ۱۳ آبان	29.4	37.4
	SF2	Aug. 24-Oct. 12	۲ شهریور تا ۲۰ مهر	32.3	41.5	Sep. 7-Nov. 4	۱۶ شهریور تا ۱۳ آبان	29.3	37.7
	SF3	Aug. 22-Oct. 21	۳۱ مرداد تا ۲۹ مهر	31.4	40.6	Sep. 1-Oct. 28	۱۰ شهریور تا ۶ آبان	30.9	39.5
۱۵ تیر	SK93	Aug. 28-Nov. 3	۶ شهریور تا ۱۲ آبان	29.7	38.8	Sep. 8-Nov. 1	۱۷ شهریور تا ۱۰ آبان	29.6	38.2
Jul. 6	M13	Aug. 25-Nov. 9	۹ شهریور تا ۱۸ آبان	29.0	37.9	Sep. 8-Oct. 31	۱۷ شهریور تا ۹ آبان	29.8	38.3
	SG4	Aug. 25-Nov. 9	۹ شهریور تا ۱۸ آبان	29.0	37.9	Sep. 8-Nov. 6	۱۷ شهریور تا ۱۵ آبان	29.0	37.2
	SG5	Aug. 24-Nov. 7	۸ شهریور تا ۱۶ آبان	29.2	38.2	Sep. 9-Nov. 7	۱۸ شهریور تا ۱۶ آبان	28.8	37.0
	Salend	Aug. 26-Nov. 10	۱۰ شهریور تا ۲۰ آبان	28.7	37.5	Sep. 8-Nov. 5	۱۷ شهریور تا ۱۴ آبان	29.9	37.5
	SF1	Sep. 21-Nov. 21	۳۰ شهریور تا ۳۰ آبان	25.3	33.8	Sep. 15-Nov. 10	۲۴ شهریور تا ۱۹ آبان	27.7	35.4
	SF2	Sep. 21-Nov. 21	۳۰ شهریور تا ۳۰ آبان	25.6	33.8	Sep. 17-Nov. 10	۲۶ شهریور تا ۱۹ آبان	24.4	35.1
	SF3	Sep. 20-Nov. 19	۲۹ شهریور تا ۲۸ آبان	25.0	34.1	Sep. 13-Nov. 2	۲۲ شهریور تا ۱۱ آبان	29.0	37.3
۳۰ تیر	SK93	Sep. 22-Nov. 23	۳۱ شهریور تا ۲ آذر	23.8	33.3	Sep. 16-Oct. 31	۲۵ شهریور تا ۹ آبان	28.9	37.1
Jul. 21	M13	Sep. 27-Dec. 2	۵ مهر تا ۱۱ آذر	24.0	32.2	Sep. 18-Nov. 1	۲۷ شهریور تا ۱۲ آبان	28.1	36.2
	SG4	Sep. 26-Dec. 2	۴ مهر تا ۱۱ آذر	24.0	32.5	Sep. 16-Nov. 4	۲۵ شهریور تا ۱۵ آبان	28.0	35.9
	SG5	Sep. 26-Dec. 1	۴ مهر تا ۱۰ آذر	24.9	32.4	Sep. 17-Nov. 4	۲۶ شهریور تا ۱۵ آبان	27.9	35.8
	Salend	Sep. 23-Nov. 23	۱ مهر تا ۲ آذر	26.1	33.2	Sep. 17-Nov. 6	۲۶ شهریور تا ۱۷ آبان	27.6	35.4

جدول ۴- دمای هوا در دوره پر شدن دانه ژنوتیپ‌های سویا در تیمارهای تاریخ کاشت (۱۳۹۶ و ۱۳۹۷)

Table 4. Air temperature during seed filling duration of soybean genotypes in sowing date treatments (2017 and 2018)

تاریخ‌های کاشت Sowing date	ژنوتیپ‌های سویا Soybean genotypes	دوره پر شدن دانه Seed filling duration 2017	۱۳۹۶	دمای میانگین Mean temperature (˚C)	دمای حداکثر Max temperature (˚C)	دوره پر شدن دانه Seed filling duration 2018	۱۳۹۷	دمای میانگین Mean temperature (˚C)	دمای حداکثر Max temperature (˚C)
اول تیر Jun. 22	SF1	Sep. 3- Oct. 3	۱۲ شهریور تا ۱۱ مهر	32.9	42.1	Sep. 12-Oct. 9	۲۱ شهریور تا ۱۷ مهر	32.5	41.8
	SF2	Sep. 8-Oct. 5	۱۷ شهریور تا ۱۳ مهر	32.2	41.3	Sep. 13-Oct. 11	۲۲ شهریور تا ۱۹ مهر	32.3	41.6
	SF3	Aug. 24-Sep. 25	۲ شهریور تا ۳ مهر	34.1	43.6	Aug. 28-Sep. 25	۶ شهریور تا ۳ مهر	34.5	44.1
	SK93	Sep. 7-Oct. 9	۱۶ شهریور تا ۱۷ مهر	31.4	40.3	Sep. 15-Oct. 12	۲۴ شهریور تا ۲۳ مهر	31.5	40.6
	M13	Sep. 8-Oct. 7	۱۷ شهریور تا ۱۵ مهر	31.6	40.7	Sep. 16-Oct. 11	۲۵ شهریور تا ۲۲ مهر	31.6	40.8
	SG4	Sep. 7-Oct. 10	۱۶ شهریور تا ۱۸ مهر	31.6	40.7	Sep. 15-Oct. 11	۲۴ شهریور تا ۲۲ مهر	31.7	40.9
	SG5	Sep. 9-Oct. 8	۱۸ شهریور تا ۱۶ مهر	31.5	40.7	Sep. 17-Oct. 11	۲۶ شهریور تا ۲۲ مهر	31.5	40.6
	Salend	Sep. 7-Oct. 13	۱۶ شهریور تا ۲۱ مهر	30.9	40.2	Sep. 16-Oct. 14	۲۵ شهریور تا ۲۵ مهر	31.4	40.2
۱۵ تیر Jul. 6	SF1	Sep. 13-Oct. 9	۲۲ شهریور تا ۱۷ مهر	30.7	39.9	Sep. 20-Oct. 11	۲۹ شهریور تا ۲۲ مهر	31.0	40.5
	SF2	Sep. 17-Oct. 12	۲۶ شهریور تا ۲۰ مهر	30.0	39.3	Sep. 24-Oct. 17	۲ تا ۲۵ مهر	30.0	38.9
	SF3	Sep. 12-Oct. 5	۲۱ شهریور تا ۱۳ مهر	31.8	41.1	Sep. 16-Oct. 8	۲۵ شهریور تا ۱۶ مهر	32.0	41.3
	SK93	Sep. 20-Oct. 19	۲۹ شهریور تا ۲۷ مهر	28.5	38.3	Sep. 26-Oc. 23	۴ مهر تا ۱ آبان	29.1	37.5
	M13	Sep. 19-Oct. 17	۲۸ شهریور تا ۲۵ مهر	28.6	38.0	Sep. 26-Oct. 22	۴ تا ۳۰ مهر	29.4	38.0
	SG4	Sep. 18-Oct. 18	۲۷ شهریور تا ۲۶ مهر	29.2	38.7	Sep. 21-Oct. 18	۳۰ شهریور تا ۲۶ مهر	29.8	38.5
	SG5	Sep. 23-Oct. 14	۱ مهر تا ۲۲ مهر	29.1	38.6	Sep. 26-Oct. 19	۴ تا ۲۷ مهر	29.9	38.5
	Salend	Sep. 19-Oct. 15	۲۸ شهریور تا ۲۳ مهر	29.5	39.0	Sep. 23-Oct. 21	۱ تا ۲۹ مهر	29.8	38.4
۳۰ تیر Jul. 21	SF1	Oct. 1-Oct. 20	۹ تا ۲۸ مهر	21.6	28.9	Oct. 5-Oct. 24	۱۳ مهر تا ۲ آبان	28.2	36.0
	SF2	Oct. 1-Oct. 20	۹ تا ۲۸ مهر	27.0	36.4	Oct. 6-Oct. 24	۱۴ مهر تا ۲ آبان	28.1	35.8
	SF3	Sep. 22-Oct. 16	۳۱ شهریور تا ۲۴ مهر	28.6	38.5	Sep. 26-Oct. 18	۴ تا ۲۶ مهر	29.9	38.6
	SK93	Sep. 28- Oct. 27	۶ مهر تا ۵ آبان	26.9	36.2	Oct. 2-Oct. 28	۱۰ مهر تا ۶ آبان	27.4	34.8
	M13	Oct. 7- Oct. 24	۱۵ مهر تا ۲ آبان	25.9	35.2	Oct. 12-Oct. 29	۲۰مهر تا ۷ آبان	25.4	32.3
	SG4	Oct. 2- Oct. 24	۱۰ مهر تا ۲ آبان	26.2	35.5	Oct. 5-Oct. 27	۱۳ مهر تا ۵ آبان	27.6	35.0
	SG5	Oct. 2- Oct. 24	۱۰ مهر تا ۲ آبان	26.2	35.5	Oct. 28-Nov. 6	۶ تا ۱۵ آبان	26.9	34.2
	Salend	Oct. 3- Oct. 22	۱۱ تا ۳۰ مهر	26.4	35.7	Oct. 7-Oct. 26	۱۶ مهر تا ۴ آبان	27.5	35.1

در برخـی دیگـر باعـث تـاخیر در گلـدهی مـی‌شـود (Tacarindua *et al.*, 2013; Thomas *et al.*, 2010). بیشتر بودن فاصله زمانی بین کاشت تا گلدهی باعث می‌شود تـا گیـاه بـا بنیـه قـوی‌تری وارد مرحلـه زایشـی شـود (Kalantar Ahmadi *et al.*, 2018). در آزمـایش حاضـر واکـنش ژنوتیـپ‌هـای سـویا نسـبت بـه تـاریخ کاشـت متفاوت بود. به نظر مـی‌رسـد کـه تـاخیر در گلـدهی در ژنوتیـپ SK93 شـاخص مثبتـی بـرای ایـن ژنوتیـپ در مواجهه با تنش گرما بوده و باعث افزایش تعداد غـلاف در بوته در آن شده است.

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات فنولوژیک ژنوتیپ‌های سویا در برهم‌کنش تیمارهای تاریخ کاشت و ژنوتیپ (۱۳۹۶ و ۱۳۹۷)

Table 5. Mean comparison of phonologic traits of soybean genotypes in interaction of sowing date × genotype treatments (2017 and 2018)

		شروع گلدهی Start of flowering (days after sowing)		طول دوره گلدهی Flowering duration (day)		طول دوره پر شدن دانه Seed filling duration (day)		طول دوره رشد Growth duration (day)	
تاریخ کاشت Sowing date	ژنوتیپ‌های سویا Soybean genotypes	۱۳۹۶ 2017	۱۳۹۷ 2018	۱۳۹۶ 2017	۱۳۹۷ 2018	۱۳۹۶ 2017	۱۳۹۷ 2018	۱۳۹۶ 2017	۱۳۹۷ 2018
	SF1	50cd	66a-d	25d-g	15c-f	28b-e	27c	123ab	130b
	SF2	48e-g	69a-c	29bc	13ef	29b-d	28b	123ab	130b
	SF3	480g	57f-h	13i	9.6gh	31b	28bc	112g	118.3e
اول تیر	SK93	56a	70ab	23fg	14d-f	31b	30a	120bc	128bc
Jun. 22	M13	50cd	72a	30b	13ef	27c-e	27c	123ab	130b
	SG4	51bc	71ab	27b-d	13ef	29 -d	29b	123a	130b
	SG5	53b	71ab	28bc	15c-f	27b-e	27c	124a	103b
	Salend	51bc	69a-c	12i	7hi	40a	31a	125a	132.6a
	SF1	49d-g	55h	20h	20ab	25b-g	24e	113fg	120e
	SF2	48e-g	63c-g	25d-g	16b-e	24b-h	23ef	113fg	120e
	SF3	44h	57f-h	23gh	14d-f	22d-h	21.3j	106h	112fg
۱۵ تیر	SK93	49d-f	64b-f	26c-f	16c-e	29b-d	29b	116ef	125d
Jul. 6	M13	47g	64b-f	29bc	16b-e	26b-f	28bc	117de	126d
	SG4	48e-g	64b-f	25d-g	13ef	29b-d	31a	120cd	127cd
	SG5	50c-e	65a-e	28bc	17b-d	21e-h	23ef	120cd	127cd
	Salend	48e-g	56gh	11i	5i	25b-g	28bc	121bc	128bc
	SF1	44h	56gh	27c-e	18.6bc	18f-h	19h	106h	111g
	SF2	44h	58e-h	27b-d	17.6c-d	18gh	18hi	106h	111g
	SF3	42ij	53.3h	20h	12.3fg	22c-h	22fg	102i	107h
۳۰ تیر	SK93	44h	57f-h	24e-g	15.3c-f	26c-f	25d	106h	112fg
Jul. 21	M13	41j	59d-h	36a	22.6a	17h	17i	107h	114f
	SG4	41j	55gh	30b	19a-c	22c-h	22fg	108h	113fg
	SG5	43hi	58e-h	28bc	18.6bc	23c-h	21g	108h	114f
	Salend	44h	55h	5j	4i	18f-h	18hi	107h	112fg

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

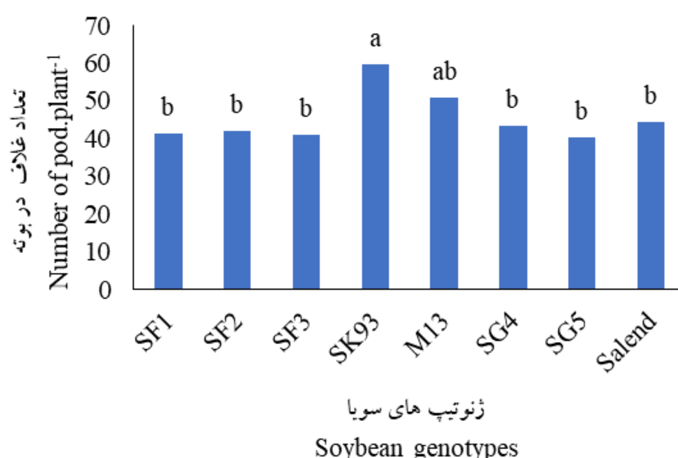
Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Tukey's test

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد کـه بیشـترین طـول دوره گلدهی در سال اول (۳۶ روز) و سال دوم (حـدود ۲۲ روز) در تاریخ کاشت سوم (۳۰ تیـر)، مربـوط بـه بـه ژنوتیـپ M13 بـود (جـدول ۵). کمتـرین طـول دوره گلـدهی نیـز در سـال اول (۵/۶ روز) و سـال دوم (۴/۳ روز) آزمایش در تاریخ کاشت سوم (۳۰ تیـر)، بـه رقـم

سالند اختصاص یافت (جدول ۵). متفاوت بودن دما در دو سال آزمایش باعث تغییر در طول دوره گلدهی ژنوتیپ‌های سویا شد و میزان آن در ژنوتیپ‌های مختلف، متفاوت بود. نتایج نشان داد که تاخیر در کاشت، طول دوره گلدهی در رقم رشد محدود سالند را در مقایسه با ژنوتیپ‌های رشد نامحدود، به مقدار بیشتری کاهش داد. متفاوت بودن طول دوره گلدهی در ارقام سویا را علاوه بر زمان کاشت و تیپ رشدی، می‌توان به حساسیت آنها به طول روز نیز نسبت داد (Kalantar Ahmadi *et al.*, 2018). در مناطقی مانند استان خوزستان که دوره رشد سویا تحت تأثیر دمای بالا قرار می‌گیرد، استفاده از ژنوتیپ‌های رشد نامحدود می‌تواند راهکار مناسبی برای کاهش اثر منفی دمای بالا در طول دوره گلدهی باشد. بدیهی است در شرایطی که احتمال وقوع تنش می‌رود، استفاده از ژنوتیپ‌هایی که واکنش کمتری نسبت به کاهش طول دوره گلدهی داشته باشند، باعث حفظ پتانسیل عملکرد آنها می‌شود (Kalantar Ahmadi and Daneshian, 2014). تغییرات تعداد غلاف در بوته با افزایش طول دوره گلدهی حدود ۱۸ تا ۲۰ روز افزایشی و سپس کاهشی بود (شکل 4a). بر این اساس به‌نظر می‌رسد که بهترین طول دوره گلدهی برای افزایش تعداد غلاف در بوته حدود ۱۸ تا ۲۰ روز است.

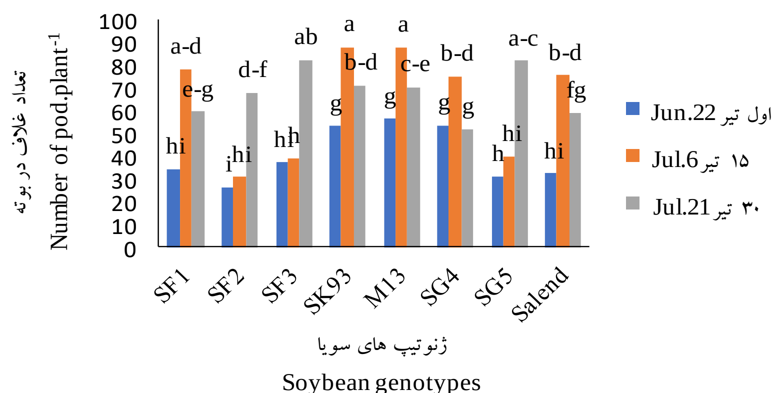
براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین طول دوره پر شدن دانه در سال اول (۴۰ روز) و سال دوم (حدود ۳۱ روز) آزمایش، به رقم سالند در تاریخ کاشت اول (اول تیر) مشاهده شد. کمترین طول دوره پر شدن دانه (۱۷ روز) در سال اول و سال دوم آزمایش نیز در ژنوتیپ M13 در تاریخ کاشت سوم (۳۰ تیر) بدست آمد (جدول ۵). برخلاف طول دوره گلدهی که در رقم رشدمحدود سالند از سایر ژنوتیپ‌های رشدنامحدود کمتر بود، اما این کاهش در طول دوره پرشدن دانه رقم سالند مشاهده نشد (جدول ۵) و این موضوع می‌تواند باعث افزایش وزن هزار دانه رقم سالند شود. این احتمال وجود دارد که علت عدم افزایش وزن هزار دانه در رقم سالند (علیرغم بیشتر بودن طول دوره پر شدن دانه) عدم خزان کامل برگ‌ها و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه بوده باشد. عدم خزان کامل یکی از ویژگی‌های نامناسب در سویا است و باعث اختلال در کار کمباین در زمان برداشت محصول می‌شود. دوره پر شدن دانه یکی از صفات مؤثر در تعیین وزن دانه می باشد و طولانی‌تر بودن این دوره امکان انتقال مواد فتوسنتزی بیشتر از منبع به مخزن و در نتیجه افزایش عملکرد دانه را فراهم می‌سازد (Kalantar ahmadi, 2022). بیشترین طول دوره رشد در سال اول (۱۲۵ روز) و در سال دوم (۱۳۲ روز) آزمایش مربوط به رقم سالند در تاریخ کاشت اول (اول تیر) بود (جدول ۵). تاخیر در کاشت باعث کاهش طول دوره رشد در کلیه ژنوتیپ‌های سویا شد (جدول ۵). کمترین طول دوره رشد نیز در سال اول (۱۰۲ روز) و سال دوم (۱۰۷ روز) آزمایش مربوط به ژنوتیپ SF3 بود (جدول ۵). عوامل محیطی از جمله دما در طول دوره رشد و نمو گیاه نقش مهمی در دستیابی به عملکرد مطلوب دارند (Alsajri *et al.*, 2020). لازم است در انتخاب رقم مناسب، علاوه بر طول دوره رشد، تیپ رشدی ارقام نیز در نظر گرفته شود، زیرا علیرغم اینکه ارقام دیررس در زمان‌های کاشت مناسب، پتانسیل تولید عملکرد بالاتر را دارا هستند، اما در مقابل تنش‌های محیطی از جمله زمان کاشت نامناسب، سازگاری کمتری دارند. با توجه به اینکه این موضوع در مورد ارقام رشدمحدود صادق است، با کاشت ارقام رشدنامحدود، می‌توان پتانسیل عملکرد را به مقدار بیشتری حفظ کرد (Kalantar Ahmadi *et al.*, 2018). به طور کلی زمان کاشت از طریق تطبیق مراحل رشد رویشی و زایشی گیاه با شرایط آب و هوایی، باعث تغییر در رشد رویشی و زایشی گیاه شده و عملکرد آن را تحت تاثیر قرار می‌دهد.

نتایج مقایسه میانگین‌ها در سال اول آزمایش نشان داد که تعداد غلاف در بوته در تاریخ‌های کاشت اول، دوم و سوم به‌ترتیب ۳۹، ۴۶ و ۵۰ بود. بین ژنوتیپ‌های سویا نیز حداکثر (۶۰) و حداقل (۴۰) تعداد غلاف در بوته به ترتیب به ژنوتیپ‌های SK93 و SF3 تعلق داشت (شکل ۲). بیشترین تعداد غلاف در بوته (۸۸) در تاریخ کاشت دوم (۱۵ تیر) و ژنوتیپ‌های SK93 و M13 مشاهده شد. کمترین تعداد غلاف در بوته (۲۶) نیز در تاریخ کاشت اول به ژنوتیپ SF2 اختصاص یافت. کلیه ژنوتیپ‌های سویا در تاریخ کاشت اول کمترین تعداد غلاف در بوته را داشتند (شکل ۳). تعداد غلاف در بوته از جمله صفاتی است که تحت تأثیر ویژگی‌های ژنتیکی و دما در طول مراحل زایشی قرار می‌گیرد. هر چند که طول دوره رشد و گلدهی در تاریخ کاشت اول (اول تیر) بیشتر از تاریخ کاشت‌های دوم (۱۵ تیر) و سوم (۳۰ تیر) بود، اما این موضوع باعث افزایش تعداد غلاف در بوته که یکی از اجزای مهم عملکرد دانه می‌باشد، نداشت. دلیل این موضوع را می‌توان به بالاتر بودن دما در طول دوره زایشی در تاریخ کاشت اول نسبت داد. رابطه رگرسیونی بین تعداد غلاف در بوته و طول دوره گلدهی نشان داد که حداکثر تعداد غلاف در بوته (۶۳) در طول دورهٔ گلدهی ۱۸ تا ۲۰ روز بود و با کاهش و یا افزایش طول دوره گلدهی در محدوده ۱۸ تا ۲۰ روز، تعداد غلاف در بوته کاهش یافت (شکل ۴a). دلیل این موضوع میتواند مربوط به دمای هوا در طول دوره گلدهی باشد. رابطه رگرسیونی منفی بین طول دوره نمو زایشی و تعداد غلاف در بوته نیز نشان داد که با افزایش طول این دوره، تعداد غلاف در بوته کاهش یافت (شکل ۴b). رابطه رگرسیونی بین تعداد غلاف در بوته با حداکثر دما در طول دورهٔ زایشی منفی بود و نشان داد که با افزایش هر واحد دمای بالاتر از ۳۵ درجه سانتی‌گراد، تعداد غلاف در بوته به میزان ۳/۳۷ عدد کاهش می‌یابد (شکل ۵). بیهتر و همکاران (Bihter *et al.*, 2017) اظهار داشتند که تنش گرما در طول دوره گلدهی سویا باعث عقیم شدن گل‌ها، کاهش تعداد غلاف و دانه‌بندی می‌شود و دمای بالای ۳۷/۲ درجه سانتی‌گراد باعث کاهش تعداد غلاف‌ها می‌شود. میزان حساسیت ارقام سویا نسبت به دما متفاوت است. در آزمایش حاضر کاهش بیشتر تعداد غلاف در بوته ژنوتیپ‌های SF1، SF2 و SF3 نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها نشان دهنده حساسیت بیشتر آنها نسبت به دمای بالا باشد. پوته و همکاران (Puteh *et al.*, 2013) نیز اظهار داشتند که اجزای عملکرد ارقام سویا تابع دمای محیط هستند.



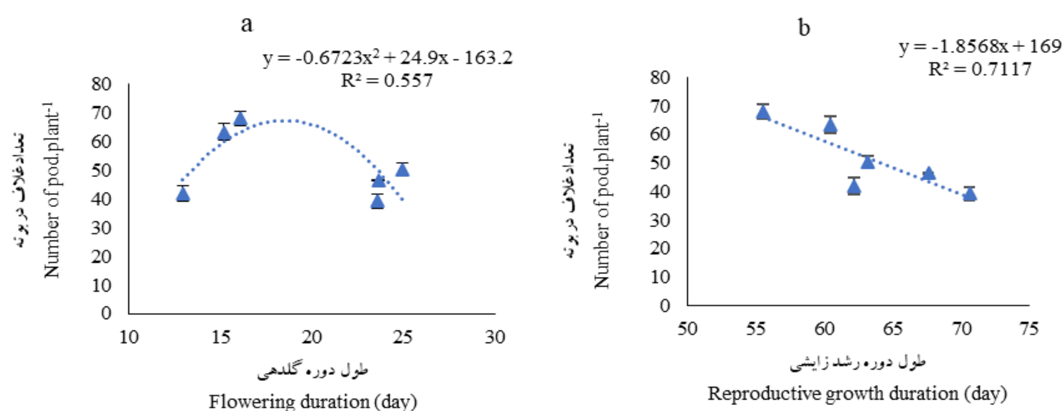
شکل ۲- مقایسه میانگین تعداد غلاف در بوته ژنوتیپ‌های سویا (۱۳۹۶)

Fig. 2. Mean comparison of number of pod.plant^{-1} of soybean genotypes (2017)



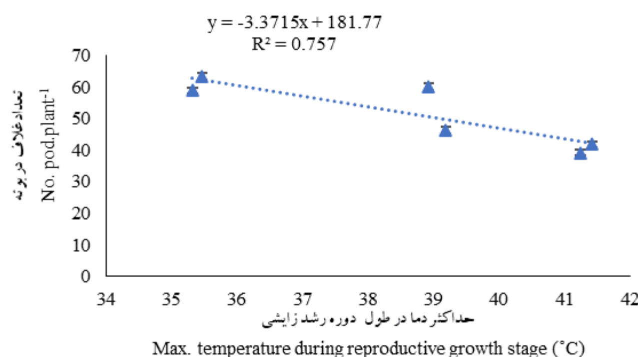
شکل ۳- مقایسه میانگین تعداد غلاف در بوته ژنوتیپ‌های سویا در برهمکنش تیمارهای تاریخ کاشت و ژنوتیپ (۱۳۹۷)

Fig. 3. Mean comparison of number of pod.plant^{-1} of soybean genotypes in interaction of sowing date × genotype treatments (2018)



شکل ۴- رابطه رگرسیونی بین تعداد غلاف در بوته با طول دوره گلدهی (a) و طول دوره رشد زایشی (b) در ژنوتیپ‌های سویا

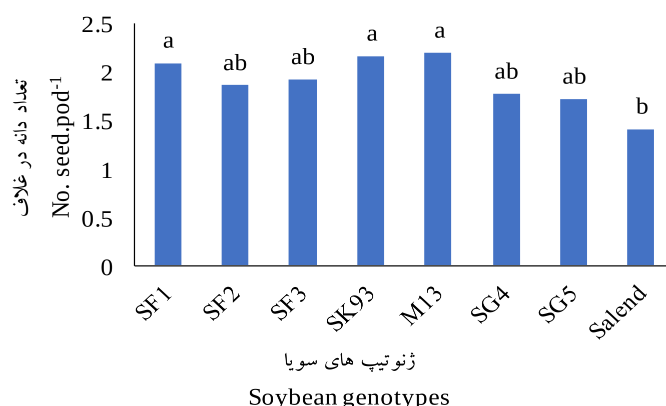
Fig. 4. Regression relationship between number of pod.plant^{-1} and flowering duration (a) and reproductive growth duration (b) of soybean genotypes



شکل ۵- رابطه رگرسیونی بین تعداد غلاف در بوته با حداکثر دما در طول دوره رشد زایشی ژنوتیپ‌های سویا

Fig. 5. Regression relationship between number of pod.plant^{-1} and maximum temperature during reproductive growth stage of soybean genotypes

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در سال اول تعداد دانه در غلاف در تاریخ کاشت‌های اول، دوم و سوم به‌ترتیب ۲/۰۴، ۲/۰۷ و ۱/۵۶ بود. در سال دوم آزمایش نیز تعداد دانه در غلاف در تاریخ کاشت‌های اول، دوم و سوم به‌ترتیب ۲/۱۸، ۲/۲۲ و ۱/۸۵ بود. نتایج مقایسه میانگین‌های ژنوتیپ‌های سویا در سال اول نشان داد که حداکثر (۲/۱۹) و حداقل (۱/۴۱) تعداد دانه در غلاف به‌ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های M13 و سالند بود (شکل ۶). صفت تعداد دانه در غلاف از جمله ویژگی‌هایی است که تحت تاثیر ژنوتیپ و محیط قرار داشته و میزان تأثیر پذیری آن نسبت به شرایط مختلف محیطی متفاوت است. در آزمایش حاضر دامنه تفاوت بین تعداد دانه در غلاف ژنوتیپ‌های سویا در تاریخ کاشت‌های مختلف تغییرات کمی داشت و این موضوع نشان می‌دهد که صفت تعداد دانه در غلاف بیشتر تحت تأثیر عوامل ژنتیکی است و در مقایسه با سایر صفات، کمتر تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد (Pederson and Lauer, 2004). با توجه به نتایج، تغییر در تعداد دانه در غلاف در تاریخ کاشت‌های مختلف می‌تواند به علت اختلال در گرده‌افشانی در تاریخ کاشت سوم (۳۰ تیر) و در نتیجه کاهش تعداد دانه در غلاف بوده باشد. به‌علاوه همبستگی ژنتیکی غیر همسوی تعداد دانه در غلاف با تعداد غلاف در بوته نیز می‌تواند دلیل کاهش تعداد دانه در غلاف در تاریخ کاشت سوم بوده باشد. میزان تاثیر شرایط محیطی و ویژگی‌های ژنتیکی بر تعداد دانه در غلاف در محیط‌های مختلف می‌تواند متفاوت باشد (Liu *et al.*, 2010). گزارش شده است که دمای روزانه بین ۳۲/۸ تا ۳۵/۶ درجه سانتی‌گراد در طول دوره پر شدن دانه باعث کاهش تعداد دانه در سویا می‌شود (Bihter *et al.*, 2017).



شکل ۶- مقایسه میانگین تعداد دانه غلاف در بوته ژنوتیپ‌های سویا (۱۳۹۶)

Fig. 2. Mean comparison of number of seed.pod^{-1} of soybean genotypes (2017)

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه در سال اول (۱۸۶ گرم) و سال دوم (۱۹۶ گرم) آزمایش در تاریخ کاشت اول (اول تیر) مربوط به ژنوتیپ SG5 بود. در سال اول آزمایش کمترین وزن هزار دانه (۱۳۲ گرم) نیز در تاریخ کاشت سوم و ژنوتیپ SF3 مشاهده شد. در سال دوم نیز کمترین وزن هزار دانه (۱۴۶ گرم) در تاریخ کاشت اول به ژنوتیپ SF3 اختصاص یافت (جدول ۶). بررسی رابطه رگرسیونی بین وزن هزار دانه و حداکثر دما در طول دوره رشد زایشی نشان داد که حداکثر وزن هزار دانه در محدود دمایی ۳۷ تا ۳۹ درجه سانتی‌گراد بدست آمده و با افزایش و یا کاهش دما، وزن هزار دانه کاهش یافت (شکل ۷). به‌عبارت دیگر دما از طریق تأثیر بر مدت پر شدن دانه، باعث تغییر در وزن هزار دانه

می‌شود. براساس اطلاعات جدول ۴، با تاخیر در کاشت، طول دوره پر شدن دانه در ژنوتیپ‌های سویا کاهش یافت، اما مقدار دما کاهش داشت. جومرانی و باتیا (Jumrani and Bhatia, 2018) اظهار داشتند که وزن هزار دانه در سویا در دمای حداکثر ۳۰ درجه سانتی‌گراد حدود ۱۶۰ گرم بوده و با افزایش دما تا ۳۴، ۳۸ و ۴۲ درجه سانتی‌گراد، وزن هزار دانه به‌ترتیب ۱۲، ۲۱ و ۳۸ درصد کاهش یافت. با توجه به اینکه دمای بالای هوا باعث کاهش فتوسنتز، تسریع در ریزش برگ‌ها، کاهش طول دوره رشد و کاهش دوره پر شدن دانه می‌شود، وزن هزار دانه نیز کاهش می‌یابد (Jumrani and Bhatia, 2018). صرف‌نظر از دمای بالای هوا در طول دوره پر شدن دانه، دمای بالاتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد در طول دوره گلدهی و غلاف‌بندی نیز باعث کاهش وزن دانه در سویا می‌شود (Bihter *et al.*, 2017).

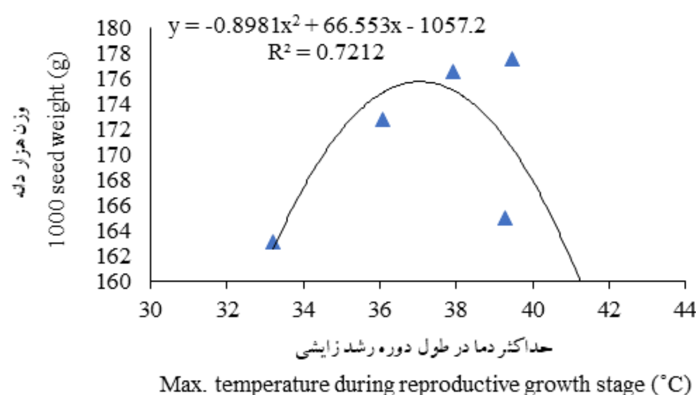
جدول ۶- مقایسه میانگین وزن هزار دانه، عملکرد دانه و روغن دانه ژنوتیپ‌های سویا در برهمکنش تیمارهای تاریخ کاشت و ژنوتیپ (۱۳۹۶ و ۱۳۹۷)

Table 6. Mean comparison of 1000 seeds weight, seed yield and oil content of soybean genotypes in interaction of sowing date × genotype (2017 and 2018)

		وزن هزار دانه 1000 Seed weight (g)		عملکرد دانه Seed yield (kg.ha-1)		روغن دانه Oil content (%)		عملکرد روغن Oil yield (kg.ha-1)	
تاریخ کاشت Sowing date	ژنوتیپ‌های سویا Soybean genotypes	۱۳۹۶ 2017	۱۳۹۷ 2018	۱۳۹۶ 2017	۱۳۹۷ 2018	۱۳۹۶ 2017	۱۳۹۷ 2018	۱۳۹۶ 2017	۱۳۹۷ 2018
اول تیر Jun. 22	SF1	162d-i	173a-f	1747e-k	2416e-i	19.9gh	19.3ij	349f-j	469f-h
	SF2	167c-h	179a-e	968k	2080i	20.2gh	19.3ij	196j	404h
	SF3	132k	146g	1520h-k	2304f-i	18.9h	18.5j	287h-j	424gh
	SK93	172b-e	189a-c	2660a-e	3022a-f	23.2b-f	23.4a-e	619b-e	709b-d
	M13	167c-h	181a-d	2380c-h	2941a-g	20.8gh	20.4f-j	494d-h	604d-g
	SG4	172b-f	182a-d	2655a-e	2100hi	20.8gh	23.1a-f	557c-f	487f-h
	SG5	175a-e	196a	1705f-k	2330f-i	21.8d-g	21.7d-i	373f-j	506f-h
	Salend	153ij	171b-f	1888e-j	2825b-h	21.3fg	22.1d-f	403e-j	626d-f
۱۵ تیر Jul. 6	SF1	178a-c	195a	1052jk	2792b-i	20.5gh	19.5h-j	216ij	544e-h
	SF2	158hi	174a-d	1452i-k	2492e-i	21.2fg	20.2gi	307h-j	502f-h
	SF3	143jk	155e-g	1505h-k	2412e-i	20gh	19.1ij	302h-j	462f-h
	SK93	181ab	182a-d	3473a	3363a-c	24.6ab	2.05ab	855a	841ab
	M13	170b-h	178a-d	2836a-d	2652c-i	24.2a-c	24.1a-d	688a-d	641c-f
	SG4	175a-d	181a-d	3011a-c	2543e-i	24.0a-d	24.3a-d	725a-c	618d-f
	SG5	172b-f	191ab	2027d-i	2248g-i	23.8a-e	24.1a-d	483d-h	544e-h
	Salend	139k	153fg	2444b-g	2817b-h	22.1c-g	22.5b-g	540c-g	635d-f
۳۰ تیر Jul. 21	SF1	171b-g	182a-d	1483h-k	2912a-g	21.8d-g	20.7e-j	324g-j	603d-g
	SF2	168b-h	168b-g	1520h-k	2594d-i	21.7e-g	20.7e-j	329g-j	535e-h
	SF3	162e-i	168b-g	1561g-k	2148hi	20.7gh	19.8h-j	323h-j	426gh
	SK93	159g-i	161d-g	3306ab	3559a	25.8a	25.4a	853a	903a
	M13	159f-i	176a-f	2980a-c	3315a-d	25.4ab	24.9ab	755a-c	825a-c
	SG4	172b-f	178a-d	3355ab	3017a-e	24.6ab	24.6a-c	826ab	742a-d
	SG5	186a	180a-d	1763e-k	3435ab	24.5ab	24.7a-c	432e-i	850ab
	Salend	152ij	166c-g	2522b-f	3084a-e	24.3a-c	24.5a-c	613b-e	756a-d

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Tukey's test



شکل ۷- رابطه رگرسیونی بین وزن هزار دانه و حداکثر دما در طول دوره رشد زایشی ژنوتیپ‌های سویا

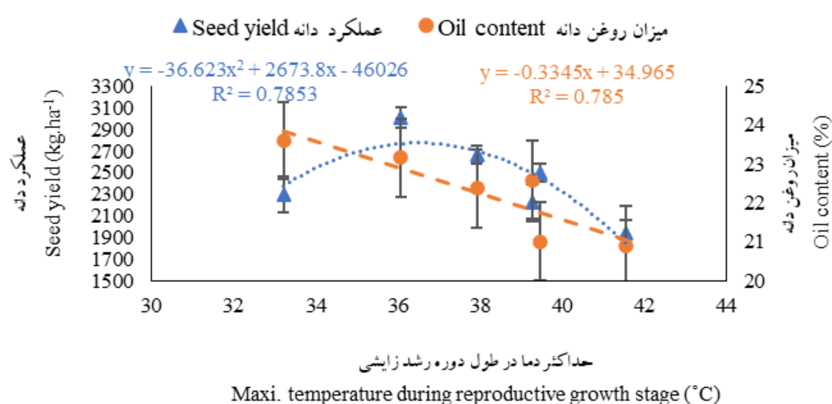
Fig. 7. Regression relationship between 1000 seeds weight and maximum temperature during reproductive growth stage of soybean genotypes

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در سال اول آزمایش حداکثر عملکرد دانه (۳۴۷۳ کیلوگرم در هکتار) در تاریخ کاشت دوم (۱۵ تیر) و ژنوتیپ SK93 بدست آمد. در سال دوم نیز بیشترین عملکرد دانه (۳۵۵۹ کیلوگرم در هکتار) در ژنوتیپ SK93 و تاریخ کاشت سوم (۳۰ تیر) بدست آمد. عملکرد دانه ژنوتیپ SK93 در تاریخ کاشت‌های اول و دوم در یک گروه آماری قرار داشتند (جدول ۶). حداقل عملکرد دانه در سال اول (۹۶۸ کیلوگرم در هکتار) و سال دوم (۲۰۸۰ کیلوگرم در هکتار) آزمایش نیز در تاریخ کاشت اول در ژنوتیپ SF2 بدست آمد (جدول ۶). رابطه رگرسیونی بین عملکرد دانه با حداکثر دما در طول دوره رشد زایشی نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۳۰۰۸ کیلوگرم در هکتار) در شرایطی بدست آمد که دوره رشد زایشی مصادف با دمای ۳۶ درجه سانتی‌گراد بود (شکل ۸). تعداد غلاف در بوته نیز که جزء اصلی تعیین کننده عملکرد دانه است نیز در محدوده دمای ۳۵ تا ۳۶ درجه سانتی‌گراد حاصل شده و با افزایش دما عملکرد دانه کاهش یافت (شکل ۵). رشد و نمو سویا تحت تأثیر شرایط محیطی از جمله دما و نور قرار می‌گیرد و شرایط محیطی غیر قابل پیش بینی از جمله دمای بالا می‌تواند بر عملکرد دانه ارقام سویا اثر منفی داشته باشد (Hu and Wiatrak, 2012). عملکرد دانه به‌طور عمده به‌وسیله تعداد غلاف در بوته و وزن دانه تعیین می‌شود (Ohyama *et al.*, 2013) و این صفات نیز تحت تأثیر شرایط محیطی و ژنوتیپ قرار می‌گیرند. در آزمایش حاضر بالا بودن دما در طول دوره رشد زایشی در تاریخ کاشت اول (اول تیر) در مقایسه با تاریخ کاشت سوم (۳۰ تیر) نیز به‌دلیل کاهش تعداد غلاف در بوته، باعث کاهش عملکرد دانه شد. عملکرد دانه سویا همبستگی بالایی با حداکثر دما در طول مرحله پر شدن دانه دارد و متفاوت بودن عملکرد دانه ژنوتیپ‌های سویا در تاریخ کاشت‌های مختلف نشان دهنده حساسیت آنها نسبت به تغییر تاریخ کاشت است. نتایج سایر آزمایش‌های انجام شده روی سویا در خوزستان نشان داده است که در تاریخ کاشت‌های اواسط خرداد و اوایل تیر، به دلیل مصادف شدن مراحل گلدهی و غلاف‌دهی با تنش گرمای مرداد ماه، ارقام سویا عملکرد دانه مناسبی در مقایسه با تاریخ کاشت اواخر تیر نداشتند (Klantar Ahmadi *et al.*, 2012; Kalantar Ahmadi and Daneshian, 2014).

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان

روغـن دانـه در سـال اول (۲۵/۸ درصـد) و دوم (۲۵/۴ درصـد) آزمـایش در تـاریخ کاشـت سـوم (۳۰ تیـر) در ژنوتیپ SK93 بدست آمد. حداقل میزان روغـن نیـز در سال اول (۱۸/۹ درصد) و دوم (۱۸/۵ درصد) در تـاریخ کاشـت سـوم و ژنوتیـپ SF3 مشـاهده شـد (جـدول ۶). میزان روغن دانه تحت تأثیر ژنوتیپ و عوامل محیطی از جمله دمای هوا قرار می‌گیرد. بـه‌علاوه محتـوای روغـن دانه در گروه‌های رشدی سویا نیز نسبت بـه تـنش گرمـا متفـاوت اسـت (Bellaloui *et al.*, 2015). در آزمـایش حاضر نیز صرف‌نظر از اثر ژنوتیپ، اثـر افـزایش دمـا بـر میـــزان روغـــن دانـــه نیـــز کـــاملا مشـــهود بـــود و رابطه رگرسیونی منفی بین میزان روغن و حداکثر دمـا در طول دوره رشد زایشی نیـز نشـان داد کـه بـا افـزایش دما، میزان روغن دانه به‌صورت خطـی کـاهش مـی‌یابـد (شکل ۸). این نتیجه بـا یافتـه‌هـای روتانـدو و وسـتگیت (Rotundo and Westgate, 2009) مبنی بر واکنش منفـی میزان روغن دانه نسبت به افزایش دمـا مطابقـت داشـت. آلسـجری و همکـاران (Alsajri *et al.*, 2020) گـزارش کردند که میزان روغن دانه سـویا در دمـای حـداکثر ۳۳ درجه سانتی‌گراد در مقایسه با دماهای ۲۱، ۲۵، ۲۹ و ۳۷ درجه، به‌ترتیب ۱۷، ۱۱، ۱ و ۱۶ درصد بیشتر بود.

نتایج مقایسه میـانگین‌هـا نشـان داد کـه در سـال اول آزمـایش حـداکثر عملکـرد روغـن (۸۵۵ کیلـوگرم در هکتار) در تاریخ کاشت دوم (۱۵ تیر) و ژنوتیـپ SK93 بدست آمد. در سال دوم نیـز بیشـترین عملکـرد روغـن (۹۰۳ کیلـوگرم در هکتـار) بـه ژنوتیـپ SK93 و تـاریخ کاشـت سـوم (۳۰ تیـر) اختصـاص یافـت. بیشـتر بـودن عملکرد روغن در ژنوتیپ SK93 را مـی‌تـوان بـه بیشـتر بودن عملکرد دانه و میزان روغن دانه آن نسـبت داد. در سـال اول (۱۹۶ کیلـوگرم در هکتـار) و سـال دوم (۴۰۴ کیلـوگرم در هکتـار) آزمـایش نیـز کمتـرین عملکـرد روغن در تاریخ کاشت کاشت اول (اول تیر) و ژنوتیـپ SF2 مشـاهده شـد (جـدول ۶). ژنوتیـپ SF2 عـلاوه بـر عملکرد دانه، روغن دانه کمتری نیز داشت.



شکل ۸- رابطه رگرسیونی بین عملکرد دانه و میزان روغن دانه با حداکثر دما در طول دوره رشد زایشی ژنوتیپ‌های سویا

Fig. 8. Regression relationship between seed yield and seed oil content with maximum temperature during reproductive stage of soybean genotypes

نتیجه‌گیری

سویا در محیط‌های مختلفی کشت می‌شود، اما تولید محصول سویا در نتیجه تغییـر عوامـل اقلیمـی و افـزایش دمای هوا کاهش می‌یابد. انتخاب تاریخ کاشت مناسب و ژنوتیـپ‌هـای سـازگار، راهکارهـای مناسـبی جهـت کـاهش اثر نامساعد عوامل محیطی از جمله دمای بالا بـر

عملکرد دانه و اجزای عملکرد سویا هستند. در آزمایش حاضر که ژنوتیپ‌های مختلف سویا با گروه‌های رشدی و تیپ رشدی متفاوت مورد ارزیابی قرار گرفتند، طول دوره گلدهی، طول دوره رشد و طول دوره پر شدن دانه در تاریخ کاشت اول تیر در مقایسه با اواخر تیرماه بیشتر بود، اما افزایش عملکرد دانه را بدنبال نداشت. نتایج آزمایش نشان داد که دمای هوا در طول دوره رشد زایشی در تاریخ کاشت اول تیر ماه در مقایسه با اواخر تیر بالاتر بود و در نتیجه تعداد غلاف در بوته و در نتیجه عملکرد دانه کاهش یافت. با توجه به اینکه تعداد غلاف در بوته جزء اصلی و تعیین کننده عملکرد دانه سویا است، در نتیجه عملکرد دانه در اواخر تیر نیز بیشتر از اول تیر بود. با توجه به نتایج آزمایش حاضر، کاشت سویا در نیمه دوم تیر و استفاده از ژنوتیپ SK93 برای شرایط اقلیمی شمال استان خوزستان مناسب‌تر شناخته شد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از همکاری و مساعدت مسئولین محترم موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طیبعی صفی‌آباد دزفول برای اجرای این تحقیق تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

References

Alsajri, F.A., Wijewardana, C., Irby, J.T., Bellaloui, N., Krutz, L.J., Golden, B. and Reddy, K.R. 2020. Developing functional relationships between temperature and soybean yield and seed quality. *Agronomy Journal,* 112(1), pp.194-204. https://doi.org/10.1002/agj2.20034

Bellaloui, N., Bruns, H. A., Abbas, H.K., Mengistu, A., Fisher, D.K. and Reddy, K.N. 2015. Agricultural practices altered soybean seed protein, oil, fatty acids, sugars, and minerals in the Midsouth USA. *Frontiers in Plant Science,* 6(31), pp.1-21. https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00031

Bihter, O.N.A.T., Bakal, H., Gulluoglu, L. and Arioglu, H. 2017. The effects of high temperature at the growing period on yield and yield components of soybean [*Glycine max* (L.) Merr] varieties. *Turkish Journal of Field Crops,* 22(2), pp.178-186. https://doi.org/10.17557/tjfc.356210

Cooper, R. 2003. A delayed flowering barrier to higher soybean yields. *Field Crops Research,* 82, pp.27-35. https://doi.org/10.1016/S0378-4290(03)00003-0

De Bruin, J.L. and Pedersen, P. 2008. Soybean seed yield response to planting date and seeding rate in the upper Midwest. *Agronomy Journal,* 100, pp.696-703. https://doi.org/10.2134/agronj2007.0115

Del Olmo, I., Poza-Viejo, L., Piñeiro, M., Jarillo, J.A. and Crevillén, P. 2019. High ambient temperature leads to reduced FT expression and delayed flowering in *Brassica rapa* via a mechanism associated with H2A.Z dynamics. *The Plant Journal,* 100(2), pp.343-356. https://doi.org/10.1111/tpj.14446

Djanaguiraman, M., Prasad, P.V. and Schapaugh, W.T. 2013. High day or nighttime temperature alters leaf assimilation, reproductive success, and phosphatidic acid of pollen grain in soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]. *Crop Science,* 53(4), pp.1594-1604. https://doi.org/10.2135/cropsci2012.07.0441

Fehr, W.R., Caviness, C.E., Burmood, D.T. and Pennington, J.S. 1977. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. *Crop Science,* 11(6), pp.929-931.

https://doi.org/10.2135/cropsci1971.0011183X001100060051x

Ghorbanzadeh Neghab, M., Babaie, H.R., Rassam, G., Dadkhah, A.R. and Khoshnood Yazdi, A. 2014. Response of seed yield components, protein and oil content of soybean cultivars to various sowing date in Shirvan. *Journal of Crops Improvement,* 15(2), pp. 31-41. [In Persian]. https://doi.org/10.22059/jci.2013.36097

Hu, M. and Wiatrak, P. 2012. Effect of planting date on soybean growth, yield, and grain quality. *Agronomy Journal,* 104(3), pp.785-790. https://doi.org/10.2134/agronj2011.0382

Jumrani, K. and Bhatia, V.S. 2018. Impact of combined stress of high temperature and water deficit on growth and seed yield of soybean. *Physiology and Molecular biology of Plants,* 24(1), pp.37-50. https://doi.org/10.1007/s12298-017-0480-5

Kalantar Ahmadi, S.A. and Eyni-Nargeseh, H. 2023. Foliar application of growth regulators mitigates harmful effects of drought stress and improves seed yield and oil quality of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Gesunde Pflanzen,* 75(6), pp. 2449-2462. https://doi.org/10.1007/s10343-023-00907-3

Kalantar Ahmadi, S.A. and Daneshian, J. 2014. Effect of sowing date on seed yield of soybean genotypes and determination of threshold of temperature stress in north Khouzestan conditions. *Seed and Plant Production,* 30(2), pp. 135-152. [In Persian]. https://doi.org/10.22092/sppj.2017.110542

Kalantar Ahmadi, S.A., Daneshian, J. and Siadat, S.A. 2012. Evaluation of reaction soybean cultivars to differences of planting dates in north Khouzestan conditions. *The Plant Production* (*Scientific Journal of Agriculture*), 35(1), pp.23-41. [In Persian].

Kalantar Ahmadi, S.A., Eslamizadeh, R. and Ghodrati, G.R. 2018. Effect of sowing date on growth and seed yield of soybean (*Glycine max* Merrill) genotypes under north Khuzestan weather conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences,* 20(1), pp.45-60. [In Persian].

Kalantar Ahmadi, S.A. 2022. Effect of winter planting on growth and seed yield of soybean (Glycine max L. Merr) genotypes in north Khuzestan in Iran. *Iranian Journal of Crop Sciences,* 23(4), pp. 290-303. [In Persian]. DOR: 20.1001.1.15625540.1401.24.4.2.9

Kalantar Ahmadi, S.A. and Daneshian, J. 2023. Improving of canola (*Brassica napus* L.) yield and oil quality by foliar application of micro-nutrients under high-temperature stress. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition,* 23(1), pp.351-367. https://doi.org/10.1007/s42729-022-01016-2

Liu, X., Jin, J., Wang, G. and Herbert, S.J. 2008. Soybean yield physiology and development of high-yielding practices in northeast China. *Field Crops Research,* 105(3), pp.157-171. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2007.09.003

Liu, B., Liu, X.B., Wang, C., Li, Y.S., Jin, J. and Herbert, S.J. 2010. Soybean yield and yield component distribution across the main axis in response to light enrichment and shading under different densities. *Plant, Soil and Environment,* 56(8), 384-392.

Lohani, N., Singh, M.B. and Bhalla, P.L. 2020. High temperature susceptibility of sexual reproduction in crop

plants. *Journal of Experimental Botany,* 71(2), pp. 555-568. https://doi.org/10.1093/jxb/erz426

Malhi, G.S., Kaur, M. and Kaushik, P. 2021. Impact of climate change on agriculture and its mitigation strategies: A review. *Sustainability,* 13(3), pp.1-21. https://doi.org/10.3390/su13031318

Mao, T., Li, J., Wen, Z., Wu, T., Wu, C., Sun, S., Jiang, B., Hou, W., Li, W., Song, Q. and Wang, D. 2017. Association mapping of loci controlling genetic and environmental interaction of soybean flowering time under various photo-thermal conditions. *BMC genomics,* 18, pp.1-17. https://doi.org/10.1186/s12864-017-3778-3

Miranda, C., Scaboo, A., Cober, E., Denwar, N. and Bilyeu, K. 2020. The effects and interaction of soybean maturity gene alleles controlling flowering time, maturity, and adaptation in tropical environments. *BMC Plant Biology,* 20(1), pp.1-13. https://doi.org/10.1186/s12870-020-2276-y

No, D.H., Baek, D., Lee, S.H., Cheong, M.S., Chun, H.J., Park, M.S., Cho, H.M., Jin, B.J., Lim, L.H., Lee, Y.B. and Shim, S.I. 2021. High-temperature conditions promote soybean flowering through the transcriptional reprograming of flowering genes in the photoperiod pathway. *International Journal of Molecular Sciences,* 22(3), pp.1314. https://doi.org/10.3390/ijms22031314

Oh-e, I., Uwagoh, R., Jyo, S., Kurahashi, T., Saitoh, K. and Kuroda, T. 2007. Effect of rising temperature on flowering, pod set, dry-matter production and seed yield in soybean. *Japanese Journal of Crop Science,* 76(3), pp.433-444. https://doi.org/10.1626/jcs.76.433

Ohyama, T., Minagawa, R., Ishikawa, S., Yamamoto, M., Hung, N.V.P., Ohtake, N., Sueyoshi, K., Sato, T., Nagumo, Y. and Takahashi, Y. 2013. Soybean seed production and nitrogen nutrition. A comprehensive survey of international soybean research, genetics, physiology, agronomy and nitrogen relationships, pp.115-157. https://dx.doi.org/10.5722/45867

Pederson, P. and Lauer, G. 2004. Response of soybean yield components to management system and planting date. *Agronomy Journal,* 96, pp.1372-1381. https://doi.org/10.2134/agronj2004.1372

Puteh, A.B., ThuZar, M., Mondal, M.M.A., Abdullah, A.P. and Halim, M.R.A. 2013. Soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] seed yield response to high temperature stress during reproductive growth stages. *Australian Journal of Crop Science,* 7(10), pp.1472-1479.

Robinson, A.P., Conley, S.P., Volenec, J.J. and Santini, J.B. 2009. Analysis of high yielding, early planted soybean in Indiana. *Agronomy Journal,* 101(1), pp.131-139. https://doi.org/10.2134/agronj2008.0014x

Rotundo, J.L. and Westgate, M.E. 2009. Meta-analysis of environmental effects on soybean seed composition. *Field Crops Research,* 110(2), pp.147–156. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2008.07.012

Shahzad, A., Ullah, S., Dar, A.A., Sardar, M.F., Mehmood, T., Tufail, M.A. and Haris, M. 2021. Nexus on climate change: Agriculture and possible solution to cope future climate change stresses. *Environmental Science and Pollution Research,* 28, pp.14211-14232. https://doi.org/10.1007/s11356-021-12649-8

Tacarindua, C.R., Shiraiwa, T., Homma, K., Kumagai, E. and Sameshima, R. 2013. The effects of increased temperature on crop growth and yield of soybean grown in a temperature gradient chamber. *Field Crops*

Research, 154, pp.74-81. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.07.021

Tang, Y., Lu, S., Fang, C., Liu, H., Dong, L., Li, H., Su, T., Li, S., Wang, L., Cheng, Q. and Liu, B. 2023. Diverse flowering responses subjecting to ambient high temperature in soybean under short day conditions. *Plant Biotechnology Journal,* 21(4), pp.782-791. doi: 10.1111/pbi.13996

Thomas, J.M.G., Boote, K.J., Pan, D. and Allen, L.H. 2010. Elevated temperature delays onset of reproductive growth and reduces seed growth rate of soybean. *Journal of Agronomy and Crop Science,* 1, pp.19-32. doi:10.1111/j.1439-037X.2008.00348.x

Wilcox, J.R. and Frankenberger, E.M. 1987. Indeterminate and determinate soybean responses to planting date. *Agronomy Journal*, 79, pp.1074-1078. https://doi.org/10.2134/agronj1987.00021962007900060025x

Wu, T.T., Li, J.Y., Wu, C.X., Shi, S.U.N., Mao, T.T., Jiang, B.J., Hou, W.S. and Han, T.F. 2015. Analysis of the independent-and interactive-photo-thermal effects on soybean flowering. *Journal of Integrative Agriculture,* 14(4), pp.622-632. https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60856-X

Yerlikaya, B.A., Ömezli, S. and Aydoğan. N. 2020. Climate change forecasting and modeling for the year of 2050. *In:* Environment, Climate, Plant and Vegetation Growth. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-49732-3_5